

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СЛИТКОВ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ СПЛАВОВ Ti-46Al-8Nb И Ti-46Al-8Ta С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАССИВНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ

Оленёва Т.И., Имаев В.М., Имаев Р.М.

Руководитель – д.т.н. Имаев Р.М.

Учреждение Российской академии наук Институт проблем сверхпластичности
металлов РАН, г. Уфа
oleneva-t@mail.ru

Широкое применение хрупких интерметаллидных сплавов на основе γ -TiAl, несмотря на интенсивные исследования последних лет, остается нерешенной проблемой ввиду недостаточных технологических свойств этих сплавов. Наиболее критичными являются низкая пластичность и сопротивление разрушению при комнатной температуре, низкая технологическая пластичность и высокий разброс механических свойств в целом [1]. Одним из эффективных путей к повышению указанных свойств является измельчение размера зерен/колоний и повышение однородности микроструктуры [2, 3]. В этом отношении достижение относительно мелкого размера зерен/колоний уже в слитке следует рассматривать как первостепенную задачу, поскольку все деформационные методы обработки γ -TiAl слитков с грубозернистой структурой сопряжены с большими техническими трудностями и часто не обеспечивают получение однородной структуры [3].

Один из способов измельчения размера зерен/колоний в слитке связывают с использованием массивного превращения. Он включает в себя закалку из однофазной α -области, приводящую к образованию массивной γ_m -фазы, с последующим старением в интервале температур ($\alpha+\gamma$)-фазовой области, обеспечивающим фазовое превращение $\gamma_m \Rightarrow \alpha(\alpha_2)$. Согласно [Ошибка! Закладка не определена., Ошибка! Закладка не определена.], размер зерен при этом измельчается и обеспечивается приемлемый уровень механических свойств, в частности, пластичности при комнатной температуре. Преимуществом такого рода термической обработки является простота и воспроизводимость в случае небольших объемов. Однако, для осуществления массивного превращения в γ -TiAl сплавах необходима высокая степень переохлаждения в узком диапазоне скоростей охлаждения [4], что технически трудноосуществимо. Чтобы расширить диапазон скоростей охлаждения представляет интерес легирование сплава элементами, повышающими энергию активации диффузии в сплаве, например, Ta и Nb [5, 6].

Таким образом, для исследования были взяты цилиндрические образцы диаметром $\varnothing 13 \times 150$ мм сплавов номинального состава Ti-46Al-8Nb и Ti-46Al-8Ta (химический состав представлен в ат.%), которые были получены центробежным литьем. Литые заготовки подвергали высокотемпературной газостатической обработке при $T=1260^\circ\text{C}$, $P=200$ МПа, в течение $\tau=4$ ч в среде аргона с целью снижения остаточной пористости. Затем образцы закаливали в

масло/на воздухе и снова подвергали газостатической обработке, которая уже играла роль старения. Образцы сплава Ti-46Al-8Ta были подвергнуты дополнительному старению для оценки стабильности микроструктуры, полученной после высокотемпературного старения.

В результате выполненных исследований было показано, что исходную крупнозернистую литую структуру слитков $\varnothing 13 \times 150$ мм сплавов Ti-46Al-8Nb и Ti-46Al-8Ta удастся измельчить с помощью массивного превращения без использования трудоемкой горячей деформации. Этот метод является эффективным для сплавов содержащих легирующие элементы, замедляющие диффузию в сплавах, что позволяет получить массивную γ_m -фазу при умеренных скоростях охлаждения. Кроме того, эти элементы могут также играть важную роль в отношении служебных свойств сплавов, даже если пластинчатая структура, являющаяся наиболее приемлемой с точки зрения жаропрочности, не достигается. В этом смысле тантал является более подходящим легирующим элементом, чем ниобий, поскольку массивное превращение в сплаве с танталом достигается уже при охлаждении на воздухе, а получаемая микроструктура намного более однородна. Эффективность предложенной термической обработки зависит не только от завершенности массивного превращения в результате закалки, но и от режима старения. Как следует из полученных результатов, дополнительное старение при пониженных температурах в течение длительного времени необходимо для того, чтобы привести материал в термодинамически равновесное состояние и обеспечить термическую стабильность полученной микроструктуры.

Литература:

1. Lupinc V., Marchionni M., Nazmy M. et.al. High temperature mechanical properties evaluation of a γ -TiAl base industrially developed intermetallic alloy // Nathal M.V., Darolia R., Liu C.T., Martin P.L., Miracle D.B., Wagner R., Yamaguchi M., Proceedings of Structural Intermetallics, TMS, Warrendale, PA. 1997. P. 515-522.
2. Morris M.A., Leboeuf M. Grain-size refinement of γ -Ti-Al alloys: effect on mechanical properties // Materials Science and Engineering. 1997. V. A224. P. 1-11.
3. Semiatin S.L., Chesnutt J.C., Austin C.M. et.al. Processing of intermetallic alloys // Nathal M.V., Darolia R., Liu C.T., Martin P.L., Miracle D.B., Wagner R., Yamaguchi M., Proceedings of Structural Intermetallics, TMS, Warrendale, PA. 1997. P. 263-276.
4. Hu D., Huang A.J., Wu X. On the massive phase transformation regime in TiAl alloys: The alloying effect on massive/lamellar competition // Intermetallics. 2007. V. 15. P. 327-332.
5. Huang A., Hu D., Wu X., Loretto M.H. The influence of interrupted cooling on the massive transformation in Ti46Al8Nb // Intermetallics. 2007. V. 15. P. 1147-1155.
6. Appel F., Oehring M., Wagner R. Novel design concepts for gamma-base titanium aluminide alloys // Intermetallics. 2000. V. 8. P. 1283-1312.